

10/501987

PAT-NO: JP02000322710A

DT09 Rec'd PCT/PTO 21 JUL 2004

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000322710 A

TITLE: METHOD FOR ETCHING MAGNETIC MATERIAL AND PLASMA  
ETCHING  
DEVICE

PUBN-DATE: November 24, 2000

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
MASHITA, KIMIKO	N/A
NAKATANI, ISAO	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
JAPAN SCIENCE & TECHNOLOGY CORP	N/A
ANELVA CORP	N/A
NATL RES INST FOR METALS	N/A

APPL-NO: JP11130329

APPL-DATE: May 11, 1999

INT-CL (IPC): G11B005/31, C23F004/00 , H01L021/3065 , H05H001/46

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To extremely heighten an etching speed of a

magnetic

thin film using a mixed gas of carbon monoxide with ammonia and to make it possible to make this kind of technology practicable for production of a thin film magnetic head and the like.

SOLUTION: A gaseous mixture of carbon monoxide gas and ammonia gas is introduced to a treating chamber 2 by means of a gas introducing system 3 and plasma of these gases is formed by a plasma source 1 forming helicon wave plasma. On a surface of a target 9 made of a magnetic material consisting of nickel, iron and cobalt and an alloy, a nitride and an oxide containing at least one metal selected from these metal elements or an intermetallic compound containing at least one metal selected from these metal elements, carbonyl compounds are formed by reactions with carbon monoxide and etching is carried out by evaporation of the carbonyl compounds. The plasma has

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-322710

(P2000-322710A)

(43) 公開日 平成12年11月24日 (2000. 11. 24)

(51) IntCl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード(参考)
G 1 1 B 5/31		G 1 1 B 5/31	M 4 K 0 5 7
			C 5 D 0 3 3
C 2 3 F 4/00		C 2 3 F 4/00	A 5 F 0 0 4
H 0 1 L 21/3065		H 0 5 H 1/46	A
H 0 5 H 1/46		H 0 1 L 21/302	B
審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 8 頁)			

(21) 出願番号 特願平11-130329

(22) 出願日 平成11年5月11日 (1999. 5. 11)

(71) 出願人 396020800

科学技術振興事業団

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(71) 出願人 000227294

アネルバ株式会社

東京都府中市四谷5丁目8番1号

(71) 出願人 390002901

科学技術庁金属材料技術研究所長

茨城県つくば市千現一丁目2番1号

(74) 代理人 100097548

弁理士 保立 浩一

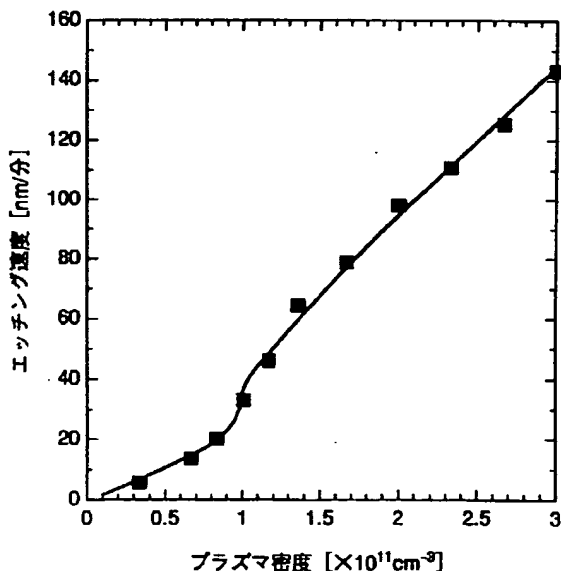
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁性材料のエッチング方法及びプラズマエッチング装置

(57) 【要約】

【課題】 一酸化炭素とアンモニアの混合ガスを用いた磁性薄膜のエッチングの速度を速かに高い速度とし、薄膜磁気ヘッド等の製造へのこの種の技術の実用化の途を開く。

【解決手段】 処理チャンバー2内にガス導入系3によって一酸化炭素とアンモニアの混合ガスが導入され、ヘリコン波プラズマを形成するプラズマ源1によってこれらのガスのプラズマが形成される。ニッケル、鉄、コバルト、これらのうち少なくとも一つを含む合金、窒化物もしくは酸化物、又は、これらの少なくとも一つを含む金属間化合物から成る磁性材料である対象物9の表面には、一酸化炭素との反応によりカルボニル化合物が生成され、このカルボニル化合物が蒸発してエッチングが行われる。プラズマは $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 以上の密度となっており、質量の大きな一酸化炭素ガスが多くイオン化していて対象物9の表面に多く入射するため、エッチング速度が高くなる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ニッケル、鉄、コバルト、これらのうち少なくとも一つを含む合金、窒化物もしくは酸化物、又は、これらの少なくとも一つを含む金属間化合物から成る磁性材料である対象物の表面を臨む空間に、アンモニア及び一酸化炭素の混合ガスのプラズマを $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 以上の密度で形成して、前記磁性材料である表面をエッチングすることを特徴とする磁性材料のエッチング方法。

【請求項2】 排気系を備えた処理チャンバーと、処理チャンバー内にアンモニアガス及び一酸化炭素ガスを混合して導入するガス導入系と、導入されたガスにエネルギーを供給してこれらのガスのプラズマを $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 以上の密度で形成するプラズマ源と、表面がニッケル、鉄、コバルト、これらのうち少なくとも一つを含む合金、窒化物もしくは酸化物、又は、これらの少なくとも一つを含む金属間化合物から成る磁性材料である対象物をその表面が前記プラズマによってエッチングされる位置に保持する対象物ホルダーとを備えていることを特徴とするプラズマエッチング装置。

【請求項3】 前記プラズマ源は、ヘリコン波プラズマを形成するものであることを特徴とする請求項2記載のプラズマエッチング装置。

【請求項4】 前記プラズマ源は、マグネトロン放電プラズマを形成するものであることを特徴とする請求項2記載のプラズマエッチング装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本願の発明は、磁性材料のエッチング技術に関するものであり、特に薄膜磁気ヘッドの製造に好適に利用されるエッチング技術に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】磁性材料をエッチングする技術は、磁気ディスクドライブに搭載される薄膜磁気ヘッドの製造等において重要な技術となっている。薄膜磁気ヘッドの製造では、フレイムメッキ法が多く用いられている。図4は、従来技術としてのフレイムメッキ法について説明する図である。まず、基板90の表面に所定のパターンでフレイムレジスト901を形成し（図4（1））、フレイムレジスト901に対してメッキにより磁性薄膜902を形成する。（図4（2））。そして、フレイムレジスト901の内側の磁性薄膜902を覆うようにして上部レジスト903を形成する（図4（3））。この状態でエッチング液でウェットエッチングしてフレイムレジスト901の外側の磁性薄膜902を除去し、その後上部レジスト903及びフレイムレジスト901を剥離する。この結果、所定のパターンの磁性薄膜902が得られる（図4（4））。

【0003】このようなフレイムメッキ法に対しては、

磁気ディスクの高密度化に伴う薄膜磁気ヘッドの微細化を背景として、その限界が指摘されている。フレイムメッキ法では厚いフレイムレジストの形成が必要であるが、微細なパターンではその形成が困難となるからである。

【0004】このような状況のもと、磁性薄膜をドライエッチング法により直接エッチングして所定のパターンの磁性薄膜を得ることが検討されている。一つの方法は、磁性薄膜にイオンを入射させてエッチングする方法である。例えば、アルゴンガスのプラズマからイオンを入射させたり、アルゴンのイオンビームを照射するなどしてエッチングすることが考えられる。しかしながら、このような方法は物理エッチングであり、下地やマスク等の他の材料に対する選択性が悪い。また、エッチング速度も一般的に低く、生産性の点で問題がある。

【0005】そこで、化学エッチングとして、反応性イオンエッチング（Reactive Ion Etching, RIE）をこの種の磁性材料のエッチングに応用することが検討されている。RIEによる磁性材料のエッチングについては、例えば、J. Vac. Sci. Technol. A4(4), 1841(1986)や、Appl. Phys. Lett. 67(21), 3194(1995)で報告されている。しかしながら、これらの報告では、エッチング速度は10nm/分以下と低い。

【0006】近年になって、Appl. Phys. Lett. 71(9)1255(1997)等に、塩素ガスを用いることによりNi-Fe合金のエッチング速度300nm/分が得られた例が報告されている。しかしながら、塩素ガスによる磁性材料のエッチングでは、アフターコロージョンつまり表面に塩素が残留することによる腐食の問題が発生しがちである。アフターコロージョンは、エッチング後に水で洗浄する等の処理を行うことにより防止できるが、工程数が増大する問題がある。

【0007】アフターコロージョンの原因となる塩素やフッ素等を使用しないものとしては、特許第2677321号公報に開示された方法がある。この公報では、一酸化炭素（CO）とアンモニア（NH<sub>3</sub>）を混合したガスを用いることにより、Ni-Fe合金のエッチング速度35nm/分、Co-Cr合金のエッチング速度24.4nm/分がそれぞれ得られたとされている。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、COとNH<sub>3</sub>の混合ガスを用いることで、アフターコロージョンの問題を招くことなく、薄膜磁気ヘッド等に適したNi、Co又はFeより成る磁性薄膜をエッチングすることが可能である。しかしながら、そのエッチング速度は24～35nm/分程度であり、依然として低い。薄膜磁気ヘッドの製造では、2μmもの厚さのエッチングを行う必要がある。従って、現状のエッチング速度では50～80分程度の時間を要することになり、実用化にはまだ遠い計算である。本願の発明は、このような状況

を考慮して成されたものであり、COとNH<sub>3</sub>の混合ガスを用いた磁性薄膜のエッチングにおいて、現状を遥かに越える高い速度でエッチングすることを可能にし、薄膜磁気ヘッド等の製造へのこの種の技術の実用化の途を開くという技術的意義を有する。

#### 【0009】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本願の請求項1記載の発明は、ニッケル、鉄、コバルト、これらのうち少なくとも一つを含む合金、窒化物もしくは酸化物、又は、これらの少なくとも一つを含む金属間化合物から成る磁性材料である対象物の表面を臨む空間に、アンモニア及び一酸化炭素の混合ガスのプラズマを $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 以上の密度で形成して、前記磁性材料である表面をエッチングするという構成を有する。また、上記課題を解決するため、請求項2記載の発明は、排気系を備えた処理チャンバーと、処理チャンバー内にアンモニアガス及び一酸化炭素ガスを混合して導入するガス導入系と、導入されたガスにエネルギーを供給してこれらのガスのプラズマを $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 以上の密度で形成するプラズマ源と、表面がニッケル、鉄、コバルト、これらのうち少なくとも一つを含む合金、窒化物もしくは酸化物、又は、これらの少なくとも一つを含む金属間化合物から成る磁性材料である対象物をその表面が前記プラズマによってエッチングされる位置に保持する対象物ホルダーとを備えているという構成を有する。また、上記課題を解決するため、請求項3記載の発明は、上記請求項2の構成において、前記プラズマ源は、ヘリコン波プラズマを形成するものであるという構成を有する。また、上記課題を解決するため、請求項4記載の発明は、上記請求項2の構成において、前記プラズマ源は、マグネトロン放電プラズマを形成するものであるという構成を有する。

#### 【0010】

【発明の実施の形態】以下、本願発明の実施の形態について説明する。まず、請求項2及び請求項3の発明の実施形態について説明する。図1は、請求項2及び請求項3の発明の実施形態であるプラズマエッチング装置の概略構成を示す正面断面図である。

【0011】図1に示すプラズマエッチング装置は、ヘリコン波プラズマによって対象物の表面をエッチングする装置となっている。ヘリコン波プラズマは、比較的低い圧力でも高密度のプラズマが形成できるものとして注目されている。ヘリコン波プラズマにおけるエネルギー伝達のメカニズムは十分明らかになっていないところがあるが、ランダウ減衰と呼ばれる現象により高周波から電子に運動エネルギーが与えられることでプラズマが形成されると考えられている。即ち、磁界により回転しながら移動する電子の速度がヘリコン波の位相速度に等しいとき、電子から見てヘリコン波は止まっているのと同様なので、電子はヘリコン波から連続的に加速されてエ

ネルギーを吸収し、これによって高密度のプラズマが形成されるのである。

【0012】装置の構成について具体的に説明すると、図1に示す装置は、ヘリコン波プラズマを発生させるプラズマ源1と、プラズマ源1が発生させたプラズマが拡散する処理チャンバー2と、処理チャンバー2内にCO及びNH<sub>3</sub>の混合ガスを導入するガス導入系3と、処理チャンバー2内の所定位置にエッチングの対象物9を保持する対象物ホルダー4等から主に構成されている。

【0013】プラズマ源1は、処理チャンバー2に対して内部空間が連通するようにして気密に接続された誘電体容器11と、誘電体容器11内にヘリコン波を誘起するアンテナ12と、アンテナ12に供給する高周波電力を発生させるプラズマ用高周波電源13と、誘電体容器11内に所定の磁界を設定する磁石14等とから構成されている。誘電体容器11は、一端が開口であり他端が半球状に閉じている円筒状の部材であり、石英等で形成されている。処理チャンバー2の上壁部には開口が設けられており、誘電体容器11の一端の開口とこの上壁部の開口とを連通させるようにして誘電体容器11が処理チャンバー2に気密に接続されている。

【0014】プラズマ用高周波電源13は、例えば13.56MHzの高周波を発生させるものが使用される。アンテナ12は、棒状又は帯状の部材を丸めて両端を少し離間させたほぼ円環状の形状であって、誘電体容器11を取り囲むよう誘電体容器11と同軸上に配置されている。アンテナ12は誘電体容器11の軸方向に二つ設けられており、両者の両端部がそれぞれ中継ロッド121で電氣的に接続されている。

【0015】プラズマ用高周波電源13とアンテナ12とは、不図示の整合器を介して同軸ケーブルのような伝送路15によって接続されている。プラズマ用高周波電源13が発生させた高周波が伝送路15によって二つのアンテナ12に供給された際、二つのアンテナ12には互いに逆向きの電流が流れるようになっている。この結果、誘電体容器11の内部に、ヘリコン波（ここでは、ホイスラー波と同様の右回りの円偏波）が誘起されるようになっている。尚、二つのアンテナ12の離間間隔は、電子の移動速度との関係においてヘリコン波の位相速度が最適になるように選定されている。

【0016】また、磁石14は、ヘリコン波の進行方向に平行な磁界を誘電体容器11内に設定するためのものである。磁界の強さは、誘電体容器11の中心軸付近で例えば100ガウス程度とされる。本実施形態では、磁石14は電磁石であり、同軸上に二つ設けられている。内側の磁石14は主にヘリコン波プラズマ形成のため、外側の磁石14は主に磁界形状の調整のために設けられている。

【0017】ガス導入系3は、COガスを溜めたボンベ31及びNH<sub>3</sub>ガスを溜めたボンベ31と、各ボンベ3

1と処理チャンバー2とを繋ぐ配管32上に設けられたバルブ33、流量調整器34及び不図示のフィルタ等から主に構成されている。COガス及びNH<sub>3</sub>ガスの混合比及び流量は、各流量調整器34によって調整できるようになっている。処理チャンバー2は、不図示のゲートバルブを備えた気密な真空容器である。処理チャンバー2に付設された排気系21は、拡散ポンプやターボ分子ポンプ等を備えて所定の到達圧力まで処理チャンバー2内を排気可能に構成される。

【0018】処理チャンバー2の側壁の外側には、図1に示すように多数の側壁用磁石22が設けられている。側壁用磁石22は、処理チャンバー2の側壁を臨む面の磁極が隣り合う磁石同士で互いに異なるよう周方向多数並べて配置されたものである。これらの側壁用磁石22により、処理チャンバー2の側壁の内面に沿ってカスプ磁場が周方向に連なって形成される。この結果、当該内面へのプラズマの拡散が防止されるようになっている。

【0019】また、本実施形態では、対象物9は板状のものが想定されている。対象物ホルダー4は、このような対象物9を上面に載置して保持する台状の部材である。対象物ホルダー4には、対象物9にセルフバイアス電圧を印加するためのバイアス用高周波電源5が設けられている。このバイアス用高周波電源5には、数MHzから数10MHz程度の周波数のものが使用され、プラズマと高周波との相互作用によって対象物9の表面に負の直流分の電圧であるセルフバイアス電圧を印加するよう構成されている。より具体的には、例えば1.6MHzや13.56MHz程度の周波数のものがバイアス用高周波電源5として好適に使用可能である。尚、セルフバイアス電圧の印加のためには、対象物9が直流的にアースから絶縁される必要があり、このため、バイアス用高周波電源5と対象物ホルダー4との間にコンデンサが配置される場合がある。対象物ホルダー4内には、対象物9を加熱又は冷却しながら対象物9の温度を所定の値に制御する温度制御機構41が設けられている。そして、対象物9と対象物ホルダー4の上面との間に、He等の熱伝導性の良好なガスを供給する不図示の熱伝導用ガス供給系が設けられている。

【0020】次に、請求項1の磁性材料のエッチング方法の発明の実施形態の説明も兼ねて、上記構成の装置の動作について説明する。まず、対象物9の表面は、ニッケル、鉄、コバルト、これらのうち少なくとも一つを含む合金、窒化物もしくは酸化物、又は、これらの少なくとも一つを含む金属間化合物から成る磁性材料となっている。このような対象物9は、所定圧力に排気されている不図示の真空補助チャンバー内に位置している。処理チャンバー2内が排気系21によって真空補助チャンバーと同程度まで排気されていることを確認すると、不図示のゲートバルブが開いて対象物9が処理チャンバー2内に搬入され、対象物ホルダー4に保持される。対象物

9は、温度制御機構41により所定の温度に維持される。

【0021】次に、ガス導入系3が動作して、COガス及びNH<sub>3</sub>ガスを所定の混合比及び流量で処理チャンバー2内に導入する。導入されたガスは、処理チャンバー2内を経由して誘電体容器11内に拡散する。そして、プラズマ源1が動作してプラズマが形成される。即ち、プラズマ用高周波電源13からアンテナ12に高周波が供給され、前述したようにヘリコン波が誘起される。この結果、ヘリコン波のエネルギーがガスに与えられてヘリコン波プラズマが形成される。同時にバイアス用高周波電源5を動作させ、対象物9に負の直流分の電圧であるセルフバイアス電圧を与える。

【0022】形成されたプラズマは、誘電体容器11から処理チャンバー2内に拡散し、対象物9の表面付近にまで達する。この際、プラズマ中の生成物の作用により、対象物9の表面がエッチングされる。所定時間エッチングを行った後、ガス導入系3、プラズマ源1及びバイアス用高周波電源5の動作を止め、処理チャンバー2内を再度排気した後、対象物9を処理チャンバー2から取り出す。

【0023】上記動作におけるエッチングのメカニズムについて、具体的に説明する。上述したCOとNH<sub>3</sub>の混合ガスから成るプラズマ中では、COの活性種が生成される。このCO活性種が、対象物9の表面のNi、Fe又はCoと反応し、Ni(CO)<sub>4</sub>、Fe(CO)<sub>5</sub>又はCo<sub>2</sub>(CO)<sub>8</sub>のようなカルボニル化合物が生ずる。一方、セルフバイアス電圧が与えられている対象物9の表面には、プラズマからイオンが引き出されて入射する。このイオン入射の衝撃により、表面のカルボニル化合物が蒸発する。

【0024】ニッケル、鉄、コバルト等の遷移金属は、一般的には反応性エッチングによっても充分な速度でエッチングするのは困難である。つまり、ニッケル、鉄、コバルト等の遷移金属の塩化物やフッ化物は揮発性が低かったり（飽和蒸気圧が低かったり）、結合エネルギーが大きかったりするため、塩素系ガスやフッ素系ガスを使用して塩化物やフッ化物を生じさせても容易にはエッチングできない。尚、ここで言及した「結合エネルギー」は、そのような遷移金属の化合物の分子間に働く結合エネルギーのことを意味している。

【0025】一方、カルボニル化合物は、これらの遷移金属の化合物の中でも揮発性の高い（又は結合エネルギーの小さい）数少ない化合物である。上述したように、CO活性種によってカルボニル化合物が生成された磁性材料の表面は、プラズマ中のイオンの入射によって蒸発する。このようなメカニズムにより、本実施形態の装置及び方法におけるエッチングは成される。尚、この際のカルボニル化合物の蒸発は、スパッタエッチングと呼び得るもの場合もあるし、単にイオン入射によって与えら

れたエネルギーにより加熱されて蒸発する場合もあると考えられる。

【0026】また、COガスに混合されるNH<sub>3</sub>ガスは、上記CO活性種によるカルボニル化合物の生成を促進する作用を有する。上述したようにプラズマ中でCO活性種が生成され、これによって磁性材料の表面にカルボニル化合物が形成されるものの、プラズマ中では、以下の式(1)に示すように、COが炭素と二酸化炭素に分解する不均等化反応が進行する。



混合されたNH<sub>3</sub>ガスは、この式(1)の不均等化反応を抑制する働きがある。不均等化反応が抑制される結果、COが失われることなく、CO活性種を豊富に生成することができる。これにより、上述した高い速度のエッチングが維持される。

【0027】上記動作において、プラズマ源1は、ヘリコン波プラズマを形成するものであり、そのプラズマ密度は $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 以上となっている。この構成は、この種のエッチングにおけるエッチング速度とプラズマ密度との関係について研究した発明者の研究成果に基づくものである。この点について、以下に説明する。図2は、エッチング速度とプラズマ密度との関係について調べた実験結果を示す図である。この図2に示す実験では、図1に示す装置を使用し、磁性材料としてNi-Fe合金をエッチングした。プラズマ密度は、処理チャンバー2内の圧力、ガス流量、プラズマ源1のプラズマ用高周波電源13の出力等を調整して変化させた。また、プラズマ密度は、図1に示す装置において、対象物9の中心軸上で対象物9の表面から20mmの高さの位置における値をラングミュアプローブにより測定した。

【0028】尚、プラズマ密度が変化すると、バイアス用高周波電源5の周波数や出力が同じでもセルフバイアス電圧の大きさが変わってしまう。セルフバイアス電圧はイオン入射用の電界をもたらすものであるから、セルフバイアス電圧が変化してしまうと、対象物9の表面のイオン衝撃の強さも変化してしまう。プラズマ密度の変化がエッチング速度にどのような影響を与えるかを純粋に調べるためには、イオン衝撃の強さを一定にしなければならない。このようなことから、この図2に示す実験においては、バイアス用高周波電源5の出力を調整しながらプラズマ密度を変化させ、プラズマ密度の変化にかかわらず一定のセルフバイアス電圧になるようにした。

【0029】図2に顕著に示されているように、プラズマ密度 $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ を境にしてエッチング速度が急激に上昇している。この点の原因は、プラズマの状態がプラズマ密度 $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ を境にして変化することにあるものと推察される。つまり、プラズマ密度 $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ を境にして、質量の大きなCOイオンが飛躍的になることが原因であると推察される。

【0030】より具体的に説明すると、上述したような

10

プラズマ源1によってプラズマが形成された際、導入されたガスが全てプラズマ化している(イオンと電子に電離している)訳ではなく、相当数の中性ガス分子が存在している。プラズマ用高周波電源13の出力を上昇させて供給するエネルギーを多くすると、電離するガスが多くなってプラズマ密度が高くなり、その分、中性ガス分子が少なくなる。ここで、供給エネルギーの少ないうちは、イオン化エネルギーの低いNH<sub>3</sub>ガスが支配的に電離する。そして、供給エネルギーが多くなると、イオン化エネルギーの高いCOガスも多く電離するようになる。COはNH<sub>3</sub>よりも質量が大きいから、イオン衝撃した際のエネルギーもNH<sub>3</sub>より高い。プラズマ密度 $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ を境にして、エッチング速度が急激に上昇するのは、質量の高いCOイオンの入射が急激に多くなる結果であると推察されるのである。本実施形態の装置及び方法は、このような実験の結果を踏まえ、 $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 以上の高密度プラズマを形成してエッチングを行う構成とされている。このため、従来に比べてエッチング速度が飛躍的に向上し、厚い磁性薄膜でも短時間にエッチングできる実用的な構成となる。

20

【0031】尚、プラズマ密度 $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 以上の条件は対象物9の表面で達成されることが好ましいが、対象物9の表面とプラズマの間にはいわゆるシースの状態となるため、対象物9の表面まで厳密な意味でプラズマが拡散することはあり得ない。従って、プラズマ密度 $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 以上の条件は、対象物9の表面からシースの厚さ以上の距離離れた場所であるということになる。この種の装置の実用的な構成においては、対象物9の表面から20mm以上のところは通常はシースの領域には入らない。従って、対象物9の表面から20mm以上のところでプラズマ密度 $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 以上という条件を設定することも可能である。また、エッチング中の対象物9の温度については、130℃以上とすることが好ましい。130℃より低いと、所定時間のエッチング終了後も対象物9の表面に残さ(エッチングされないで残った粒状物質)が発生するからである。

30

【0032】次に、請求項2及び請求項4の発明の実施形態であるプラズマエッチング装置について説明する。図3は、請求項2及び請求項4の発明の実施形態であるプラズマエッチング装置の概略構成を示す正面断面図である。

40

【0033】この図3に示す装置は、マグネトロン放電プラズマを形成してエッチングを行うようになっている。具体的に説明すると、図3に示す装置は、マグネトロン放電プラズマを発生させるプラズマ源1と、プラズマ源1が発生させたプラズマが拡散する処理チャンバー2と、処理チャンバー2内にCO及びNH<sub>3</sub>の混合ガスを導入するガス導入系3と、処理チャンバー2内の所定位置に対象物9を保持する対象物ホルダー4等から主に構成されている。プラズマ源1は、マグネトロン電極1

50

6と、マグネトロン電極16に電圧を印加してマグネトロン放電を生じさせる放電用電源17とから主に構成されている。

【0034】マグネトロン電極16は、対象物ホルダー4に対向するよう設けられた電極板18と、電極板18の背後に設けられた磁石ユニット19とから構成されている。磁石ユニット19は、柱状の中心磁石191と、中心磁石191を取り囲む周状の周辺磁石192と、中心磁石191及び周辺磁石192とを繋ぐヨーク193とから構成されている。尚、電極板18が設けられず、磁石ユニット19のみでマグネトロン電極16が構成される場合もある。放電用電源17には、高周波電源又は負の直流電源が使用される。中心磁石191と周辺磁石192との間には、図3に示すような磁力線194で代表される磁界が設定される。放電用電源17によって設定される電界はこの磁界に直交し、マグネトロン構造が達成される。磁界と電界との直交関係は、マグネトロン電極16の軸の周りに周状に連なった状態である。

【0035】図3に示す装置の動作について説明すると、ガス導入系3によってCOガス及びNH<sub>3</sub>ガスを所定の混合比及び流量で処理チャンバー2内に導入しながら、プラズマ源1を動作させる。即ち、放電用電源17によって電極板18に所定の電圧を印加する。この結果、導入されたガスに放電が生じる。この際、電子は磁界と電界との直交関係によってマグネトロン運動し、高効率で中性ガス分子をイオン化させる。この放電によってガスがプラズマ化し、マグネトロン放電プラズマが形成される。そして、前述したのと同様に、プラズマ中で生成されるCO活性種によって対象物9の表面にカルボニル化合物が形成され、このカルボニル化合物がイオン衝突によって蒸発する。この際、対象物9にはバイアス用高周波電源5によってセルフバイアス電圧が与えられ、イオンが効率よく表面に入射する。

【0036】この第二の実施形態においても、プラズマ密度は $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 以上であり、質量の大きなCOイオンが多く入射するため、従来に比べて飛躍的に高いエッチング速度が得られる。上述したプラズマ源1は、電子をマグネトロン運動させるため、このような高密度のプラズマを容易に形成することが可能である。

【0037】

【実施例】次に、上記実施形態のエッチング方法の実施例について説明する。まず、シリコンウェーハ上にNi-Fe合金薄膜をスパッタリングにより作成し、この上にチタン製のマスクパターンを形成したものが対象物9として用いられた。装置としては、第一の実施形態のものが使用された。対象物9を対象物ホルダー4上に保持し、その温度を150℃に維持した。そして、ガス導入系3によって、COガスを20SCCM（SCCMは0℃1気圧での気体の流量（立方センチメートル））、NH<sub>3</sub>ガスを20SCCMの流量で処理チャンバー2内に

導入した。また、排気系21によって処理チャンバー2内を0.8Paに維持した。この状態で、プラズマ用高周波電源13によって13.56MHz1500Wの高周波を供給し、 $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ の密度のプラズマを形成してエッチングを行った。この結果、80nm/分程度という極めて高い速度でNi-Fe合金薄膜がエッチングされた。また、マスクであるチタンのエッチング速度は、Ni-Fe合金のエッチング速度の1/9程度であり、選択性の点でも優れた結果が得られた。エッチング後、湿度40%の大気下に2週間放置してもアフターコロージョンは発生しなかった。

【0038】また、別の対象物9として、シリコンウェーハ上にFeN薄膜をスパッタリングにより作成し、この上にチタン製のマスクパターンを形成したものが用いられた。装置としては、同様に第一の実施形態のものが使用された。この対象物9の温度を170℃、COガスの流量を35SCCM、NH<sub>3</sub>ガスの流量を50SCCM、処理チャンバー2内の圧力を0.4Paとし、13.56MHz3000Wの高周波によって $5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 程度の密度のヘリコン波プラズマを形成してエッチングを行った。この結果、130nm/分という極めて高い速度でFeN合金がエッチングされた。

【0039】さらに、別の対象物9として、シリコンウェーハ上にNi-Fe-Co合金薄膜をスパッタリングにより作成し、この上にチタン製のマスクパターンを形成したものが用いられた。装置としては、第二の実施形態のものが使用された。この対象物9の温度を150℃、COガスの流量を20SCCM、NH<sub>3</sub>ガスの流量を70SCCM、処理チャンバー2内の圧力を2.6Paとし、13.56MHz800Wの高周波によって $2 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 程度の密度のマグネトロン放電プラズマを形成してエッチングを行った。この結果、90nm/分という極めて高い速度でNi-Fe-Co合金がエッチングされた。

【0040】本願発明においてエッチングされる磁性材料は、Ni、Fe、Co、これらのうち少なくとも一つを含む合金、窒化物もしくは酸化物、又は、これらの一つを含む金属間化合物であればよく、前述したものには限定されない。例えば、センダスト合金（Fe-Al-Si合金）、非晶質合金、グラニュー合金（Co-Al-O合金）等の磁性材料をエッチングするよう構成することができる。

【0041】また、プラズマ源1には、前述したヘリコン波プラズマを形成するものやマグネトロン放電プラズマを形成するもの以外であっても、 $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 以上の密度のプラズマを形成することができるものであれば、他の構成のものも使用できる。例えば、ECR（電子サイクロトロン共鳴）プラズマを形成するもの等である。さらに、エッチングプロセスの用途としては、前述した薄膜磁気ヘッドの製造の他、マイクロトランスやマ



11

マイクロ磁気回路の製造等が挙げられる。

【0042】

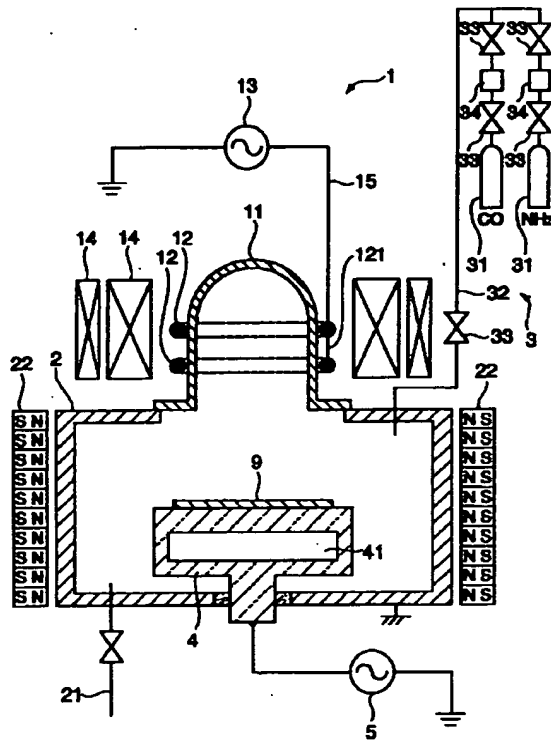
【発明の効果】以上説明した通り、本願の各請求項の方法又は装置によれば、従来に比べてエッチング速度が飛躍的に向上し、厚い磁性薄膜でも短時間にエッチングできる実用的な構成となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】請求項2及び請求項3の発明の実施形態であるプラズマエッチング装置の概略構成を示す正面断面図である。

【図2】エッチング速度とプラズマ密度との関係について調べた実験結果を示す図である。

【図1】



12

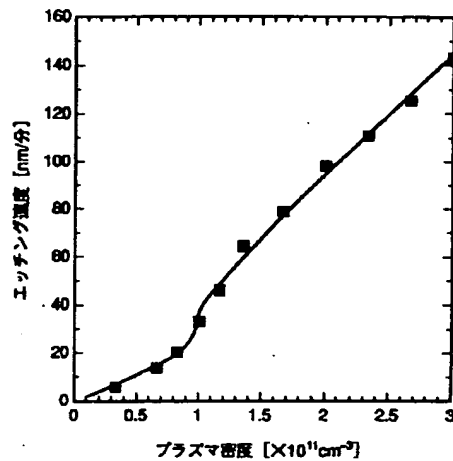
【図3】請求項2及び請求項4の発明の実施形態であるプラズマエッチング装置の概略構成を示す正面断面図である。

【図4】従来技術としてのフレームメッキ法について説明する図である。

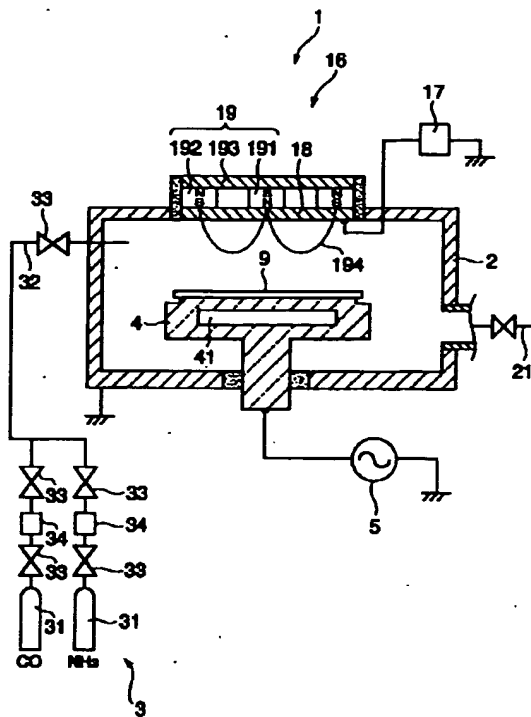
【符号の説明】

- 1 プラズマ源
- 2 処理チャンバー
- 3 ガス導入系
- 4 対象物ホルダー
- 5 バイアス用高周波電源
- 9 対象物

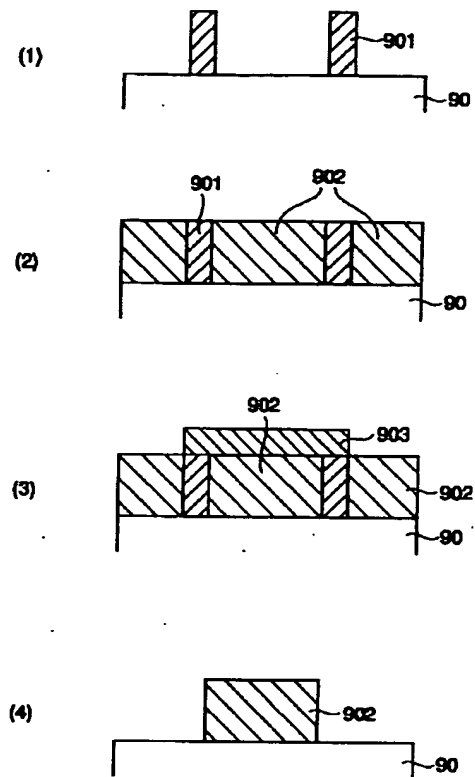
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 真下 公子  
東京都府中市四谷5丁目8番1号アネルバ  
株式会社内

(72)発明者 中谷 功  
茨城県つくば市千現1丁目2番1号科学技  
術庁金属材料 技術研究所内  
Fターム(参考) 4K057 DA20 DB11 DD01 DE20 DM18  
DM40  
5D033 BA05 DA08 DA21 DA31  
5F004 AA16 DA00 DB29